

令和 4 年度研究開発成果概要書

採択番号 O4901
 研究開発課題名 サイバーフィジカルインフラに向けた高信頼シームレスアクセスネットワークに関する研究開発

(1) 研究開発の目的

テラヘルツ波の無線利用による伝送速度向上および無線通信と光通信のシームレスな融合によりネットワークの信頼性向上を図り、大規模社会インフラ(電力ネットワーク、鉄道)の保守運用の高度化(省力化、安全性の向上)を図る。

(2) 研究開発期間

令和 4 年度から令和 7 年度 (4 年間)

(3) 受託者

- 三菱電機株式会社<代表研究者>
 学校法人早稲田大学
 学校法人立命館
 国立大学法人名古屋工業大学
 一般財団法人電力中央研究所
 公益財団法人鉄道総合技術研究所

(4) 研究開発予算(契約額)

令和 4 年度 500 百万円

※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1 シームレスアクセス要素技術の研究開発

- 1-a) アクセス伝送技術に関する研究開発 (早稲田大学)
- 1-b) ハイパワーテラヘルツデバイス技術に関する研究開発 (三菱電機)
- 1-c) 大容量通信デバイスに関する研究開発 (立命館大学)

研究開発項目 2 シームレスアクセスネットワークに関する研究開発

- 2-a) 有無線ネットワーク制御技術に関する研究開発 (名古屋工業大学)
- 2-b) 高信頼通信ネットワークに関する研究開発 (電力中央研究所)
- 2-c) 鉄道インフラ監視システムに関する研究開発 (鉄道総合技術研究所)

(6) 特許出願、外部発表等

特許出願	国内出願	累計(件)	当該年度(件)
		外国出願	0
外部発表等	研究論文	4	4
	その他研究発表	8	8
	標準化提案・採択	28	28
	プレスリリース・報道	6	6
	展示会	1	1
	受賞・表彰	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目1：シームレスアクセス要素技術の研究開発

1-a) アクセス伝送技術に関する研究開発（早稲田大学）

無線伝送技術において、無線部とマルチモード光ファイバー部との接続のためのインターフェースなどシステムの基本設計を実施した。マルチモード光ファイバー光伝送技術について、伝搬特性測定装置の基本設計を完了し、これに基づき短パルス光源を用いた高速応答測定装置と、軸ズレをエミュレートする光結合装置を試作した。伝搬特性の安定性に対するレーザ線幅の関係では、線幅 0.1kHz から 125GHz までの範囲で評価した。ファイバー長は 1020m までを対象とした。評価結果から、レーザ線幅が広い方が周波数特性の時間変化が小さいことが分かった。また、光ファイバー通信と無線通信を接続するアクセス伝送システムの基本構成の検討として、マルチファイバー光通信の軸ずれまで含めた伝送容量と、テラヘルツ無線通信が想定する伝送容量とを比較した。軸ずれの最悪値 20 μ m の条件において、ファイバー長 520m では 70Gbit/s と無線通信と整合性が取れることを確認した。

1-b) ハイパワーテラヘルツデバイス技術に関する研究開発（三菱電機）

100GHz で 10W の出力を可能とする GaN トランジスタ開発に向け、GaN 系エピタキシャル結晶成長のプロセスシーケンス最適化により、表面ヒロック密度 ≤ 200 個/cm² を実現した。高周波動作化に関してトランジスタの基本構造について 2 次元シミュレーション解析を行い、それに基づきプロセスフローを検討した。レジスト塗布/現像装置及び中空構造形成装置に関しては、装置安全仕様を含めた詳細な装置仕様を決定した。GaN 微細エッチング装置は、低ダメージ性及び加工制御性の高さから ALE (Atomic Layer Etching) 方式の装置を中心に、各装置メーカーでのデモ評価、詳細調査を実施し、装置選定を行った。高カバレッジ絶縁膜形成装置は、低ダメージ性及びカバレッジ性の高さから ALD (Atomic Layer Deposition) 方式の装置を中心に、デモ評価、詳細調査を実施し、有力な装置候補を 2 社に絞り込んだ。

1-c) 大容量通信デバイスに関する研究開発（立命館大学）

候補となる複数のデバイス構成の一覧表化について、分配・合成アーキテクチャについて候補となる各 5 種、単位分配器・単位合成器の回路構成について候補となる各 6 種、アンテナについて候補となる 9 種について、それぞれ一覧表化した。また、合成器及び分配器の回路構成候補からウィルキンソン型、ハイブリッド型、線路分岐、ラットレースについて 2:1 合成及び 1:2 分配の比較検討に着手した。今回仮定した条件下では、ウィルキンソン型と線路分岐が低損失であることを確認した。また、ウィルキンソン型と線路分岐型の比較では、ウィルキンソン型が高アイソレーションであることを確認した。さらに、アンテナの候補から開口面アンテナ構成とアレーアンテナ構成について受信信号の所要 SN 比を指標として比較検討を行い、両者ともに仮定した条件の下で通信を行うことができる見通しを確認した。さらに、高周波計測器としてベクトルネットワークアナライザを導入し、測定環境を構築した。

研究開発項目2：シームレスアクセスネットワークに関する研究開発

2-a) 有無線ネットワーク制御（名古屋工業大学）

光ファイバネットワーク内に大容量固定無線を組み込んだ有無線ネットワーク構成においてミリ波～テラヘルツ帯固定無線のリンク容量変動を引き起こす風雨等環境情報について、特に風による設置柱振動によるリンク損失増大の数値検証を実施した。金属柱の断面二次モーメント等により風速・設置柱傾き角の関係を理論的に導出し、名古屋市設置時における固定無線稼働率 99.9% 時の最大リンク損失をおよそ 7dB 程度と推定した。これによりアンテナ利得含む設置状態の最適化や固定無線リンクバジェット最適化にむけた知見を得た。また、統合ネットワーク制御のためソフトウェア制御ネットワーク構成について検討を行い、固定無線部環境センサ情報をテレメトリ情報としてネットワーク上に報知するシステムの設計に着手した。

2-b) 高信頼通信ネットワークに関する研究開発（電力中央研究所）

テラヘルツ波の電波伝搬に関する文献調査を実施し、100GHz 帯の電気事業への活用に向けた机上検討を進めるとともに、実験環境の整備を進めた。また、電気事業特有の電波伝搬環境の整理を進め、送電・配電設備などへの適用のためには、支持物の揺れや電線の遮蔽の影響などの把握が重要と整理した。さらに、電力会社・一般送配電事業社の情報通信分野の部長や担当に広帯域無線通信の必要性のプレゼンを行い、ユーザの理解促進を進めた。また、信頼度を計算する際の既存の電力用通信ネットワークのモデルを作成し、前提となる構成での信頼度の計算ができる計算環境を整えた。光ファイバ給電の特許1件の出願準備を進め、2023年4月出願予定である。IEC 61850（通信プロトコル）、IEC 61970-301（共通情報モデル CIM）の標準化活動を継続的に実施した。

2-c) 鉄道インフラ監視システムに関する研究開発（鉄道総合技術研究所）

鉄道用デジタルメンテナンス基盤における、データ伝送ネットワークでは、制御情報とメンテナンス情報を効率的に伝送できるネットワークを想定しており、これを制御するため、情報の種類やその時の伝送媒体の状態に応じて、最適な伝送媒体を選択する機能を有する高機能ルータの仕様策定と、伝送媒体として複数の公衆網が選択できる基本的な機能を実装したルータの試作を行った。また、デジタルプラットフォームの開発では、鉄道における業務系統ごとのデータ形式のままデータを蓄積するミラーサーバと、各系統のデータ形式を統一したリレーショナル型のデータベースで構築されている既存のデータサーバに、画像や動画などの大容量データを蓄積するため、物理的にデータサーバを分け、大容量データ専用のミラーサーバを構築する構成と、大容量データ専用のミラーサーバにおけるデータ蓄積処理手順を提案した。

(8) 今後の研究開発計画

研究開発項目1：シームレスアクセス要素技術の研究開発

高信頼シームレスアクセスネットワークにおける無線および有線通信とアクセス伝送に関する要素技術、ハイパワーテラヘルツデバイス、大容量通信デバイスの研究開発を行い、システムの要素技術を完成させる。

2023年度は各要素技術の評価改良、2024年度に単体機能の試作・検証、2025年度に試作したデバイスを用いた検証を行う。

研究開発項目2：シームレスアクセスネットワークに関する研究開発

高信頼シームレスアクセスネットワークにおける、無線および有線ネットワークの統合制御技術、高信頼ネットワーク技術、監視技術の各システム技術の研究開発を行い、設定したユースケースで機能の実証を行う。

2023年度は各要素技術の評価改良、2024年度に単体機能の試作・検証、2025年度にハイパワーテラヘルツ無線通信を用いた検証および鉄道および電力インフラを想定した機能の実証を行う。